

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

25.08.03

REC'D 10 OCT 2003

WIPD PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 8月30日
Date of Application:

出願番号 特願2002-252617
Application Number:

[ST:10/C]: [JP2002-252617]

出願人 株式会社安川電機
Applicant(s):

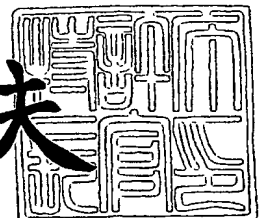
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

2003年 9月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P-42018

【提出日】 平成14年 8月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02P 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

【氏名】 井手 耕三

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

【氏名】 沢村 光次郎

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内

【氏名】 沢 俊裕

【発明者】

【住所又は居所】 長崎県長崎市文教町1番14号 長崎大学工学部電気情報工学科

【氏名】 小山 純

【特許出願人】

【識別番号】 000006622

【氏名又は名称】 株式会社安川電機

【代理人】

【識別番号】 100105647

【弁理士】

【氏名又は名称】 小栗 昌平

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100105474

【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 弘徳

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100108589

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 利光

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100115107

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 猛

【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

【識別番号】 100090343

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗宇 百合子

【電話番号】 03-5561-3990

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013930

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002919

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 同期電動機の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同期電動機を電圧形 PWM インバータで駆動し、電動機のトルクおよび速度を制御する同期電動機の制御装置において、

PWM キャリア信号を UVW の三相において UV、VW、WU のようなそれぞれの二相間で任意の位相差を持たせる位相差保持手段と、それによって発生する高周波電圧と高周波電流を検出電圧あるいは指令電圧と検出電流から抽出する高周波抽出手段と、抽出された高周波電圧と高周波電流を用いて磁束位置あるいは磁極位置を推定する位置推定手段を備えたことを特徴とする同期電動機の制御装置。

【請求項 2】 前記位相差保持手段は、電圧型 PWM インバータで UV、VW、WU のようなそれぞれの二相間でインバータの出力周波数以外の任意の高周波をモータ入力電圧あるいは電流に発生させることを特徴とする請求項 1 記載の同期電動機の制御装置。

【請求項 3】 前記周波抽出手段は、モータの三相において U 相を α 軸として、それに 90° 直交する軸を β 軸とする二相の静止座標系に変換し、それぞれ α 軸、 β 軸において前記任意の高周波成分の電圧および電流を検出し、バンドパスフィルタにより前記任意の周波数成分のみを抽出することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の同期電動機の制御装置。

【請求項 4】 前記磁極位置を推定する位置推定手段は、前記抽出された高周波電圧成分および電流成分を基に磁極位置推定器により $\cos 2\theta$ 、 $\sin 2\theta$ を演算し三角関数テーブルを参照して磁極位置 θ を求めることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項記載の同期電動機の制御装置。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の同期電動機の制御装置において、磁極位置を推定する手段により推定された位置を用いて検出電流を磁極方向分とトルク分に分離し、それぞれフィードバックして電流制御を実施する電流制御装置を備えたことを特徴とする同期電動機の制御装置。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の同期電動機の制御装置にお

いて、磁極位置を推定する手段により推定された位置を用いて速度を推定する速度推定装置を備えたことを特徴とする同期電動機の制御装置。

【請求項7】 請求項6に記載の同期電動機の制御装置において、速度推定装置により推定された速度をフィードバックして速度制御を実施する速度制御装置を備えたことを特徴とする同期電動機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ゼロ速度を含む極低速から磁極位置を精度良く推定し、その推定された磁極位置に基づいてトルク、および速度を制御する電動機の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の磁極推定方法としては、電学論D、108巻12号、1988「パラメータ同定機能をもつブラシレスDCモータの適応電流制御法」に報告されているような電動機速度に比例する誘起電圧を電動機入力電圧と電流より演算し、速度を推定する方法が広く用いられている。また、平成8年電気学会産業応用部門全国大会No. 170「センサレス方式による突極形同期モータのゼロ速トルク制御」があり、この手法は電圧指令値に交流信号を重畳し、検出電流をFFT解析して電動機回転速度と磁極位置を検出する手法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術においては、モータの誘起電圧に基づき回転子速度・位置を推定する方法では高速度域においては十分な精度で動くが、誘起電圧情報の少ない極低速においては正確な推定ができなかったもので、駆動周波数に関係しないセンシングのための交流信号をモータに注入し、電圧電流の関係からロータ位置を推定する方法がいくつか提案されている。しかし、センシング信号を注入するためには付加的な信号発生器が必要であり、制御も複雑になるという問題があった。

そこで、本発明は、PWMインバータのキャリア信号を、UVWの三相におけるそれぞれの二相間で任意の位相差を持たせることによって、駆動周波数以外の高周波電圧と高周波電流を発生させ、その電圧と電流の関係により磁極位置を推定することにより、信号発生器を必要とせずに制御装置を簡素化でき、更に、ゼロ速度からの制御も可能にする同期電動機の制御装置を提供することを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1記載の発明は、同期電動機を電圧形PWMインバータで駆動し、電動機のトルクおよび速度を制御する同期電動機の制御装置において、PWMキャリア信号をUVWの三相においてUV、VW、WUのようなそれぞれの二相間で任意の位相差を持たせる位相差保持手段と、それによって発生する高周波電圧と高周波電流を検出電圧あるいは指令電圧と検出電流から抽出する高周波抽出手段と、抽出された高周波電圧と高周波電流を用いて磁束位置あるいは磁極位置を推定する手段を備えたことを特徴としている。

また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の同期電動機の制御装置において、前記位相差保持手段が、電圧型PWMインバータでUV、VW、WUのようなそれぞれの二相間でインバータの出力周波数以外の任意の高周波をモータ入力電圧あるいは電流に発生させることを特徴としている。

【0005】

また、請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の同期電動機の制御装置において、前記高周波抽出手段が、モータの三相においてU相を α 軸として、それに 90° 直交する軸を β 軸とする二相の静止座標系に変換し、それぞれ α 軸、 β 軸において前記任意の高周波成分の電圧および電流を検出し、バンドパスフィルタにより前記任意の周波数成分のみを抽出することを特徴としている。

また、請求項4記載の発明は、請求項1～3のいずれか1項記載の同期電動機の制御装置において、前記磁極位置を推定する磁極位置推定手段が、前記抽出された高周波電圧成分および電流成分を基に磁極位置推定器により $\cos 2\theta$ 、 $\sin 2\theta$ を演算し三角関数テーブルを参照して磁極位置 θ を求めることを特徴と

している。

また、請求項5記載の発明は、請求項1～4のいずれか1項記載の同期電動機の制御装置において、磁極位置を推定する手段により推定された位置を用いて検出電流を磁極方向分とトルク分に分離し、それぞれフィードバックして電流制御を実施する電流制御装置を備えたことを特徴としている。

また、請求項6記載の発明は、請求項1～5のいずれか1項記載の同期電動機の制御装置において、磁極位置を推定する手段により推定された位置を用いて速度を推定する速度推定装置を備えたことを特徴としている。

また、請求項7記載の発明は、請求項6記載の同期電動機の制御装置において、速度推定装置により推定された速度をフィードバックして速度制御を実施する速度制御装置を備えたことを特徴としている。

この同期電動機の制御装置によれば、本発明は、原理的にはキャリア周波数成分の電流を用いて磁極位置を検出する方法が基本であり、その方式により電流制御器、速度推定器、速度制御器を有する制御装置を構成した例である。

先ず、その磁極位置検出の基本原理を説明する。電圧形PWMインバータで駆動される同期電動機のベクトル制御装置において、PWMキャリア信号をUVWの三相においてUV, VW, WUのようなそれぞれの二相間で任意の位相差を持たせることによって、駆動周波数とは異なる高周波電圧と高周波電流を発生させる。すなわち、PWMのキャリアの周波数とキャリアの位相差を任意に与えることによって、発生する高周波成分の周波数帯を駆動周波数とは異なる周波数に調整することができる。たとえば、位相差を120度とすると、キャリア周波数と同周波の電圧と電流成分が大きく現れることとなる。この場合、高周波数電圧は次式のように表せる。

【0006】

【数1】

$$\begin{bmatrix} u_{uh} \\ u_{vh} \\ u_{wh} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V \sin(\omega_h t) \\ V \sin(\omega_h t - 2\pi/3) \\ V \sin(\omega_h t + 2\pi/3) \end{bmatrix}$$

ここで、 u_{uh} , u_{vh} , u_{wh} は、それぞれU相、V相、W相の高周波電圧、 V は高周波電圧振幅、 ω_h はキャリア角周波数を示している。

【0007】

また、高周波電圧と高周波電流の関係は、次の(1)式で表される。

【数2】

$$\begin{bmatrix} u_{uh} \\ u_{vh} \\ u_{wh} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{uu} & L_{uv} & L_{vw} \\ L_{vu} & L_{vv} & L_{vw} \\ L_{wu} & L_{wv} & L_{ww} \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{uh} \\ i_{vh} \\ i_{wh} \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 i_{uh} , i_{vh} , i_{wh} は、それぞれU相、V相、W相の高周波電流、 L はインダクタンスを示しており、 L_{uu} , L_{vv} , L_{ww} は、それぞれU相、V相、W相の自己インダクタンス、その他は相間のインダクタンスを示している。回転子に永久磁石を使用する電動機では、電氣的突極を有するので、インダクタンスは磁極位置の情報を含んでいる。

【0008】

【数3】

$$\begin{aligned} L_{uv} &= -L_{g0}/2 + L_{g2} \cos(2\theta - 2\pi/3) \\ L_{vw} &= -L_{g0}/2 + L_{g2} \cos(2\theta) \\ L_{uw} &= -L_{g0}/2 + L_{g2} \cos(2\theta + 2\pi/3) \\ L_{uu} &= L_s + L_{g0} + L_{g2} \cos(2\theta) \\ L_{vv} &= L_s + L_{g0} + L_{g2} \cos(2\theta + 2\pi/3) \\ L_{ww} &= L_s + L_{g0} + L_{g2} \cos(2\theta - 2\pi/3) \end{aligned}$$

ここで、 L_{g0} はエアギャップ磁束における励磁インダクタンス、 L_s は固定子漏れインダクタンス、 L_{g2} は大きさが角度に依存するインダクタンスを示している。

【0009】

(1) 式を固定子基準の静止座標系に変換すると、次の(2)式になる。

【数4】

$$\begin{bmatrix} u_{\alpha h} \\ u_{\beta h} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_0 + L_1 \cos(2\theta) & L_1 \sin(2\theta) \\ L_1 \sin(2\theta) & L_0 - L_1 \cos(2\theta) \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{\alpha h} \\ i_{\beta h} \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $L_0 = L_s + 3L_{g0}/2$ 、 $L_1 = 3L_{g2}/2$ である。

【0010】

(2)式より、磁極位置情報 $\sin(2\theta)$ 、 $\cos(2\theta)$ を導くと、

【数5】

$$\begin{bmatrix} \cos(2\theta) \\ \sin(2\theta) \end{bmatrix} = \frac{1}{L_1 \left[\left(\frac{d}{dt} i_{\alpha h} \right)^2 + \left(\frac{d}{dt} i_{\beta h} \right)^2 \right]} \begin{bmatrix} u_{\alpha h} \frac{d}{dt} i_{\alpha h} - u_{\beta h} \frac{d}{dt} i_{\beta h} - L_0 \left[\left(\frac{d}{dt} i_{\alpha h} \right)^2 - \left(\frac{d}{dt} i_{\beta h} \right)^2 \right] \\ u_{\alpha h} \frac{d}{dt} i_{\beta h} + u_{\beta h} \frac{d}{dt} i_{\alpha h} - 2L_0 \left(\frac{d}{dt} i_{\alpha h} \right) \left(\frac{d}{dt} i_{\beta h} \right) \end{bmatrix} \quad (3)$$

となる。このように高周波電圧と高周波電流を用いて磁極位置を推定することができる。

この推定機構をキャリア周波数に同期させ、高周波電流 $i_{\beta h}$ がピークとなる点で電流をサンプルすれば、位相が90度離れた $i_{\alpha h}$ はゼロとなるので(3)式をさらに次の(4)式のように簡単に表すことができる。

【数6】

$$\begin{bmatrix} \cos(2\theta) \\ \sin(2\theta) \end{bmatrix} = \frac{1}{L_1 \left(\frac{d}{dt} i_{\beta h} \right)^2} \begin{bmatrix} -u_{\beta h} \frac{d}{dt} i_{\beta h} + L_0 \left(\frac{d}{dt} i_{\beta h} \right)^2 \\ u_{\alpha h} \frac{d}{dt} i_{\beta h} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -u_{\beta h} / \left(L_1 \frac{d}{dt} i_{\beta h} \right) + L_0 \\ u_{\alpha h} / \left(L_1 \frac{d}{dt} i_{\beta h} \right) \end{bmatrix} \quad (4)$$

【0011】

この(3)式、(4)式より、 $\cos(2\theta)$ 、 $\sin(2\theta)$ をもとめ、その値にもとづき演算器に予め準備した三角関数テーブルから、角度 2θ を払い出し2で除算することによって、磁極位置 θ (以下 θ^{\wedge}) を推定することができる。

。

また、(3)式、(4)式の演算には電流微分値を用いているが、高速時には

電流が急変するため、磁極位置 θ が振動的になる。そこで、(2) 式から電流微分値を (5) 式のように求め、両辺を積分すると (6) 式になる。

【数7】

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{\alpha h} \\ i_{\beta h} \end{bmatrix} = \frac{1}{L^2_0 - L^2_1} \begin{bmatrix} L_0 - L_1 \cos(2\theta) & -L_1 \sin(2\theta) \\ -L_1 \sin(2\theta) & L_0 + L_1 \cos(2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{\alpha h} \\ u_{\beta h} \end{bmatrix} \quad (5)$$

【数8】

$$\begin{bmatrix} i_{\alpha h} \\ i_{\beta h} \end{bmatrix} = \frac{1}{L^2_0 - L^2_1} \begin{bmatrix} L_0 - L_1 \cos(2\theta) & -L_1 \sin(2\theta) \\ -L_1 \sin(2\theta) & L_0 + L_1 \cos(2\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \int u_{\alpha h} dt \\ \int u_{\beta h} dt \end{bmatrix} \quad (6)$$

(6) 式より、磁極位置情報 $\sin(2\theta)$ 、 $\cos(2\theta)$ を導くと、

【数9】

$$\begin{bmatrix} \cos(2\theta) \\ \sin(2\theta) \end{bmatrix} = \frac{1}{L_1 \left(\left(\int u_{\alpha h} dt \right)^2 + \left(\int u_{\beta h} dt \right)^2 \right)} \begin{bmatrix} L_0 \left(\left(\int u_{\alpha h} dt \right)^2 - \left(\int u_{\beta h} dt \right)^2 \right) - (L^2_0 - L^2_1) (i_{\alpha h} \int u_{\alpha h} dt - i_{\beta h} \int u_{\beta h} dt) \\ 2L_0 \int u_{\alpha h} dt \int u_{\beta h} dt - (L^2_0 - L^2_1) (i_{\alpha h} \int u_{\beta h} dt + i_{\beta h} \int u_{\alpha h} dt) \end{bmatrix} \quad (7)$$

となる。

キャリア周期と電圧サンプリング周期が同期している場合は、電圧積分値は次式のように固定値として扱うこととなる。

【数10】

$$\int u_{\alpha h} dt = u_{\alpha h} \Delta t, \quad \int u_{\beta h} dt = u_{\beta h} \Delta t$$

Δt : サンプル時間

このように、PWMのキャリア周波数とキャリアの位相差を任意に与えることによって発生する高周波成分の周波数帯を、駆動周波数とは異なる周波数に調整し、高周波電圧と高周波電流の関係から磁極位置を推定することができる。この場合、外部からは一切交流信号を重畳する必要がない。また、磁極位置は駆動周波数に関係しない周波数帯で推定されるので、ゼロ速度状態でもその推定が可能

である。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照し説明する。

図1は発明の実施の形態に係る同期電動機の制御装置の制御ブロック図を示している。

図2は図1に示すPWM制御器のブロック図である。

図1において、速度制御器1は、速度指令値と速度推定値を比較して偏差がゼロとなるようにq軸電流（トルク電流）指令 i_{sqef} を決定する。q軸電流制御器2は、 i_{qRef} と回転子と同期して回転する座標系に変換された電流のうちトルクに比例する電流 i_q とを比較し、偏差がゼロとなるように電圧指令 V_q を決定する。

q軸電流制御器4は、 i_{dRef} と回転子と同期して回転する座標系に変換された電流のうち磁極方向に関する電流 i_d とを比較し、偏差がゼロとなるように電圧指令 V_d を決定する。非干渉制御器3は、d軸、q軸間で干渉し合う速度起動力を計算し、電流制御器への影響を打ち消すように制御するものである。電圧振幅および位相演算器5は、電圧指令値 V_d 、 V_q を入力とし、指令電圧ベクトルの振幅および位相を演算するものである。PWM制御器6は、電圧振幅および位相演算器5で演算された指令電圧ベクトルの振幅および位相を入力とし、インバータスイッチング信号を発生するものである。

【0013】

図2は図1の任意の高周波を発生するPWM制御器6を示している。

三相電圧指令演算器6-1はベクトル制御装置で計算される電圧指令ベクトルの振幅と位相角を入力とし、三相の電圧指令値を計算する。一方、駆動周波数とは異なる高周波を発生させるため、キャリア信号発生器6-4で発生する任意の周波数を持つキャリア信号を、フェーズシフタ6-3においてU相基準でV相の位相を角度 $\Delta\theta$ 、W相を $2\Delta\theta$ ずらし、それらをコンパレータ6-2で電圧指令値と比較し、スイッチング信号を発生する。そして、7のインバータ主回路に入力する。また、この任意高周波電圧 V_u 、 V_v 、 V_w は、検出電流 i_u 、 i_v 、 i

ω と静止座標系変換器 9 へ入力される。

【0014】

磁極位置推定は、まず、静止座標変換器 9 で検出電圧あるいは指令電圧と検出電流を (2) 式のように 3 相から 2 相の交流信号に変換して、バンドパスフィルタ 11 で指定された任意の周波数のみ抽出する。

磁極位置検出器 12 では、(3) 式、(4) 式、(7) 式の演算を行って $\cos 2\theta$ 、 $\sin 2\theta$ を算出して、三角関数テーブル (ルックアップ・テーブル) 13 より磁極位置 θ を推定する。得られた θ より速度推定器 14 により速度 ω を推定して速度制御器 1 を制御する。

【0015】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、PWMインバータのキャリア周波数とキャリアの位相差を任意に与えることによって駆動周波数とは異なる任意の周波数で磁極位置推定を実現したので、ゼロ速度状態でも正確な磁極位置の推定が可能となるという効果がある。

更に、外部から一切交流信号を重畳する必要がないため、新たな信号発生器を準備する必要が無く、同期電動機の制御装置を簡略化できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態に係る同期電動機の制御装置のブロック図である。

【図 2】

図 1 に示す PWM 制御器のブロック図である。

【符号の説明】

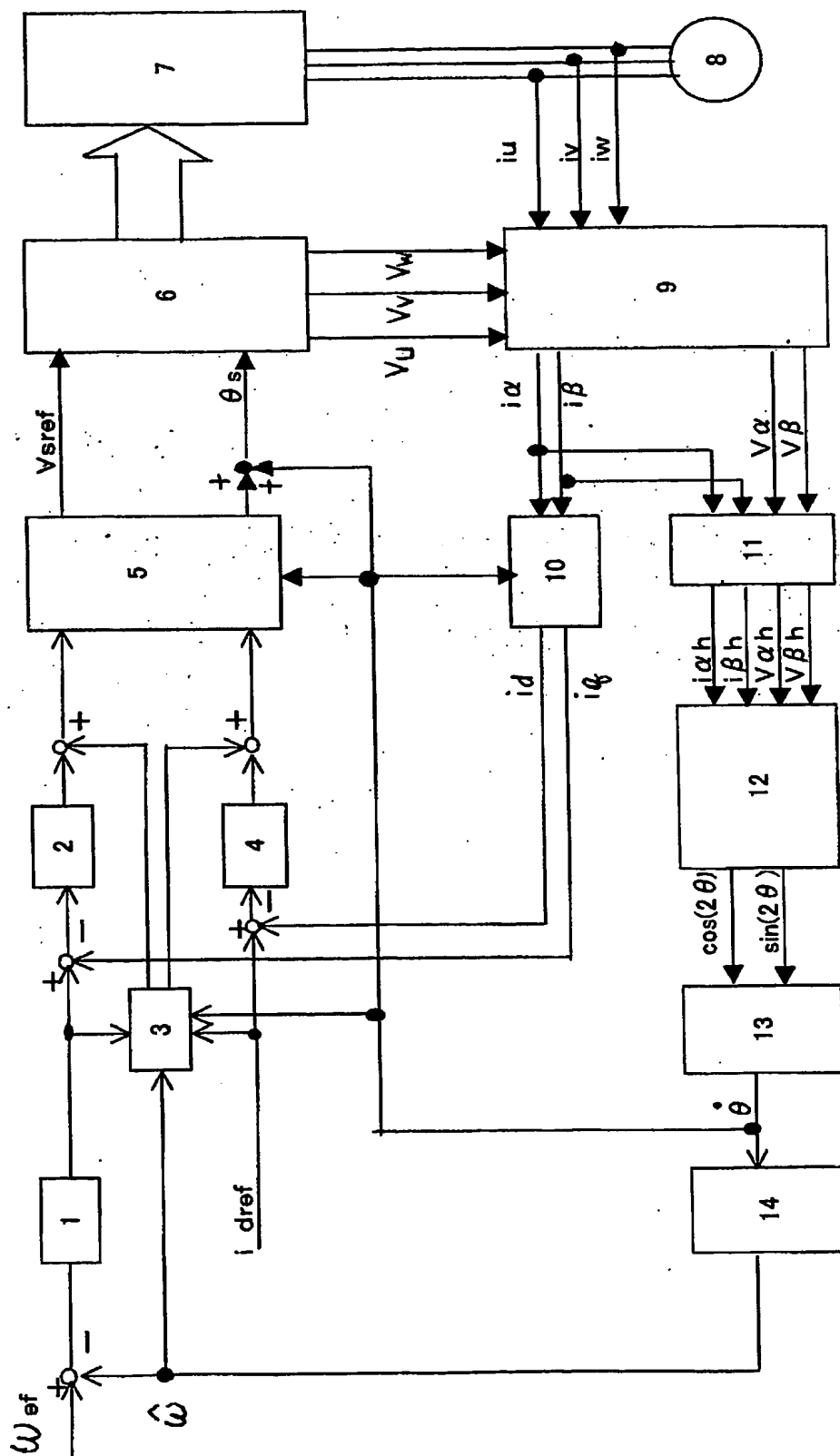
- 1 速度制御器
- 2 q 軸電流制御器
- 3 非干渉制御器
- 4 d 軸電流制御器
- 5 電圧振幅および位相演算器
- 6 PWM 制御器

- 7 インバータ主回路
- 8 電動機
- 9 静止座標変換器
- 10 回転座標変換器
- 11 バンドパスフィルタ
- 12 磁極位置推定器
- 13 三角関数テーブル
- 14 速度推定器

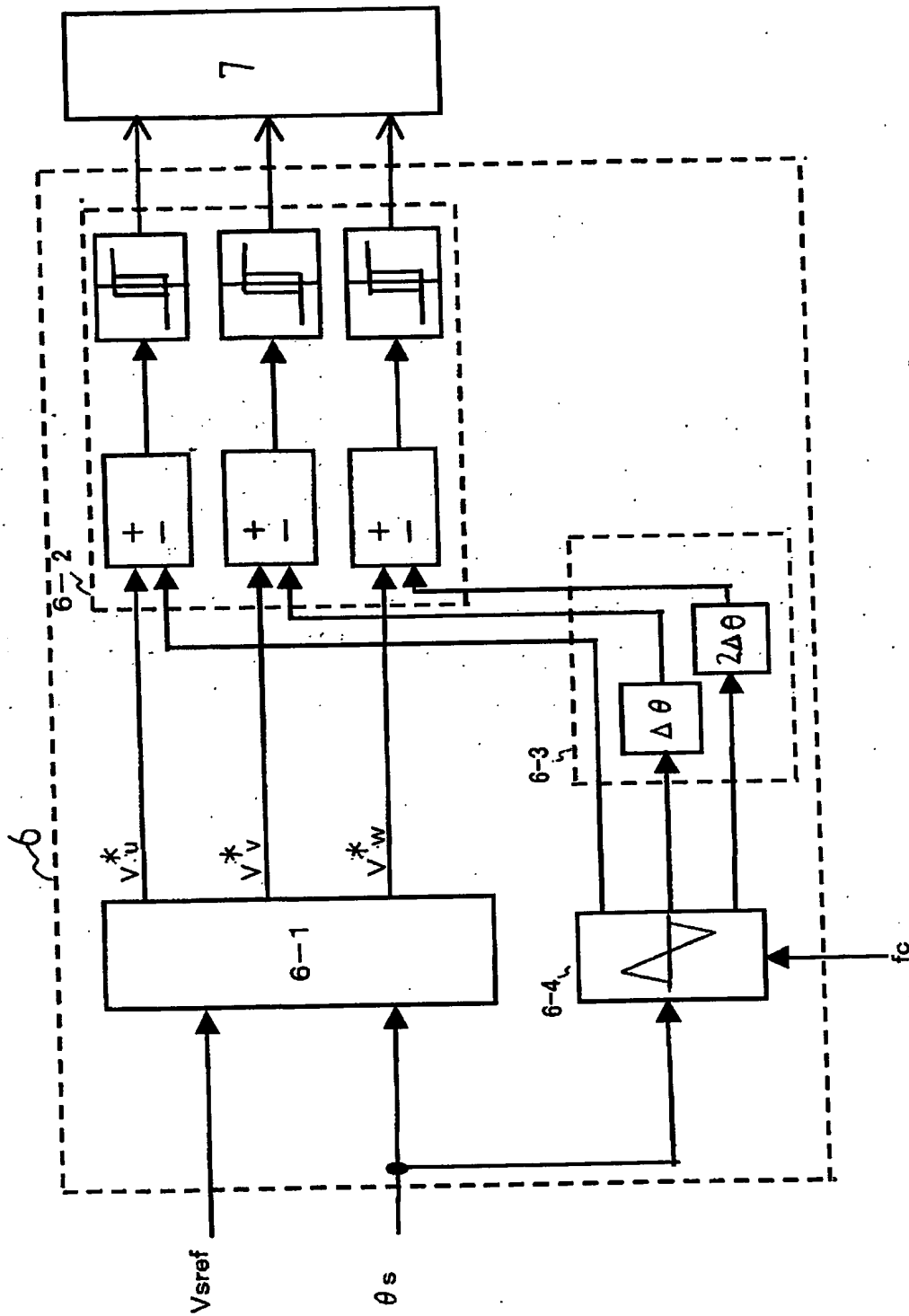
【書類名】

図面

【図1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 信号発生器が不要なく、ゼロ速度からの磁極位置検出が可能な同期電動機の制御装置を提供する。

【解決手段】 同期電動機を電圧形PWMインバータで駆動し、電動機のトルクおよび速度を制御する同期電動機の制御装置において、PWMキャリア信号をUVWの三相においてUV、VW、WUのようなそれぞれの二相間で任意の位相差を持たせる手段6-3と、それによって発生する高周波電圧と高周波電流を検出電圧あるいは指令電圧と検出電流から抽出する手段11と、抽出された高周波電圧と高周波電流を用いて磁束位置あるいは磁極位置を推定する手段12を備えたものである。

【選択図】 図1

特願 2002-252617

出願人履歴情報

識別番号

[000006622]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住所

福岡県北九州市八幡西区大字藤田2346番地

氏名

株式会社安川電機製作所

2. 変更年月日

1991年 9月27日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住所

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

氏名

株式会社安川電機

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.